



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessa –Tébessa

Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie

Département : Biologie des êtres vivants

MEMOIRE Présenté en vue de l'obtention de diplôme de MASTER

DOMAINE: Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecophysiologie animale

Mémoire intitulé:

***Lutte contre les ravageurs
des stocks***

Présenté par : Derbazi Karima

Devant le jury :

Dr. S. TINE	M.C.A	Université de Tébessa	Encadreur
Pr. F. TINE-DJEBBAR	Prof	Université de Tébessa	Présidente
Dr.K. BOUAZDIA	M.C.B	Université de Tébessa	Examineur

Date de soutenance : 24/06/2020

Année Universitaire : 2019-2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مُلخَّص

الحشرات هي الآفات الرئيسية للأغذية المخزنة في أفريقيا. يمكن أن تتسبب في أضرار جسيمة للمخزون. الهدف من عملنا هو إيجاد طرق موثوقة ضد الآفات الحشرية للأغذية المخزنة. يركز عملي على الحبوب المخزنة في صوامع OAIC في العوينات ولاية تبسة.

في هذه الدراسة قمنا بتحليل 4 عينات مأخوذة من OAIC العوينات - تبسة، وتمكننا من عزل 2000 آفة تنتمي إلى 4 أجناس، من بينها *Rhyzopertha dominica* الأكثر شيوعاً بنسبة (35٪) ، يليها *Sitophilus granarius* بنسبة (31٪)، أما الأنواع الأخرى فقد قدمت نسباً أقل، و التي هي *Cryptolestes ferrugineus* و *Tribolium confusum*، كل منهما يقدم (21.5 ٪) ، (12.5 ٪) على التوالي.

تظهر دراستنا أن الطعام المخزن في تبسة يحتوي على عدة أجناس من الآفات، يمكن أن يكون سبباً لمشاكل مختلفة أكثر أو أقل خطورة، وبالتالي فإن الحماية ضرورية لإنقاذ المحاصيل.

الكلمات المفتاحية :

المخزن، OAIC (العوينات)، الآفات، طرق المكافحة. *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Tribolium confusum*, الطعام

Résumé

Les insectes sont les principaux ravageurs des denrées entreposées en Afrique. Ils peuvent causer des dégâts considérables au niveau des stocks.

L'objectif de notre travail est de rechercher des méthodes fiables contre les insectes ravageurs des denrées stockées. Notre étude est portée sur les grains de céréales stockés dans les silos d'OAIC d'El **Aouinet** lawilaya de **Tébessa**.

Dans cette étude nous avons analysé 4 élevages prélevés à partir de l'OAIC d'El Aouinet-Tébessa, on a pu isoler 2000 ravageurs appartenant aux 4 genres, dont *Rhyzopertha dominica* est la plus prédominante avec un pourcentage de 35%, suivie de *Sitophilus granarius* avec un taux de 31%, les autres espèces ont présenté de faibles taux, il s'agit de *Cryptolestes ferrugineus* et *Tribolium confusum*, présentant chacune 21.5%, 12,5% respectivement.

Notre étude montre que les denrées stockées à Tébéssa héberge plusieurs genres de ravageurs, ce qui pourrait être à l'origine de différents problèmes plus ou moins graves, de ce fait la protection est nécessaire pour sauver les cultures.

Mots clés :

Rhyzopertha dominica, *Sitophilus granarius*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Tribolium confusum*, Denrées entreposées, Ravageurs, Méthodes de lutte.

Abstract

Insects are the main pests of food stored in Africa. They can cause considerable damage to stocks.

The aim of our work is to find reliable methods against insect pests of stored food. My work is focused on cereal grains stored in the OAIC silos of Aouinet, the wilaya of Tébessa.

In this study we analyzed 4 farms sampled from the OAIC of Aouinete-Tébessa, we were able to isolate 2000 pests belonging to the 4 genera, of which *Rhyzopertha dominica* is the most predominant with a percentage of (35%), followed of *Sitophilus granarius* with a percentage of (31%). The other species presented lower percentages; these are *Cryptolestes ferrugineus* and *Tribolium confusum*, each presenting (21.5%), (12.5%) respectively.

Our study shows that the food stored in Tébessa harbors several genera of pests, could be the cause of various more or less serious problems, therefore protection is necessary to save crops.

Key words:

Rhyzopertha dominica, *Sitophilus granarius*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Tribolium confusum*, stored food, OAIC (l'Aouinet), pests, control methods.



Remerciements

Je remercie avant tout Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire "Ya Rahman".

*J'adresse mes plus vifs remerciements à mon encadreur, **Docteur TINE Samir**, pour avoir bien voulu m'encadrer, pour ses précieux conseils, pour son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire. J'espère qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.*

*Un grand merci à **Professeur TINE-DJEBBAR Fouzia** d'avoir accepté de présider ce jury, qu'elle trouve ici toute mon expression respectueuse. Merci vivement pour vos conseils, pour l'accompagnement, également pour son soutien durant la réalisation de notre projet de recherche.*

*Je remercie également **Dr. BOUAZDIA.KARIM** pour avoir accepté d'examiner ce travail et honorer par sa présence, la constitution du jury.*



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude :

*A l'âme de **mon père** que son âme repose en paix,*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flemme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; **Maman Siham** que j'adore.*

*A mon idéal éternel, mon soutien moral et une source de joie et de bonheur, La personne qui s'est toujours sacrifiée pour me voir réussir, **ma chère sœur Marwa** et ma deuxième mère en même temps.*

*A ma chère **NEGRICHI Samira**, qui m'a toujours encouragé à essayer de ne pas désespérer, que Dieu vous protège, ma chère.*

*A mes très chères et proches amies : **MAAMRI Chourouket** **NEGRICHI Kouki** et **OUGHLAN Halla** J'aimerais bien leur dire: que je suis très heureuse de passer tous ces années avec eux, ainsi que, pour tous les moments passés ensemble Je vous dis merci, merci pour tout.*

*A tous qui me sont chers Pour mes très chers amis et mes sœurs avant tout : **Rima, Kawther, Mariem, Sonya(D), Sara, Sadika, Alya, Mima, Khadija, Ratiba, Rayen, Rihab, Kouki, Choucou, Halla, Sonya(F), Amel, Inass**, qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire. Merci beaucoup*

*A toute ma famille **DERBAZI**, surtout ma tante **DERBAZI Mebarqa** pour son soutien moral. Merci beaucoup*

J'adresse mes profonds remerciements à toutes mes amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°	Titre	Page
01	La position systématique de <i>Cryptolestes ferrugineus</i> .	6
02	La position systématique de <i>Rhyzopertha dominica</i> .	8
03	La position systématique de <i>Sitophilus granarius</i> .	10
04	La position systématique de <i>Tribolium confusum</i> .	13
05	Les principaux ennemis des denrées stockées et leurs dégâts.	16

LISTE DES FIGURES

Figure N°	Titre	Page
01	Carte géographique de la région de d'EL Aouinet.	3
02	Station OAIC Laouinet.	3
03	Bocaux d'élevage.	4
04	Trie et identification des insectes.	4
05	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> : A : Face dorsale ; B : Face ventral.	5
06	<i>Capucin des grains</i> : A : Face dorsale ; B : Face ventral.	7
07	Stades morphologiques de <i>Rhyzopertha dominica</i> .	8
08	<i>Sitophilus granarius</i> A : Face dorsale ; B : Face ventral.	10
09	Différent stades de <i>Sitophilus granarius</i> .	11
10	<i>Tribolium confusum</i> A : Face dorsale ; B : Face ventral.	12
11	Différents stades de développement de <i>Tribolium confusum</i> : A : œuf ; B : larve ; C : nymphe ; D : adulte.	13
12	Dégâts causés par les insectes.	15

LISTE DES ABREVIATIONS

T° : Température.

< : Inferieur.

% : Pourcent.

°C :Degré Celsius.

CCLS :Coopérative de Céréales et de Légumes Secs.

OAIC :Office Algérien Interprofessionnel des Céréales.

FAO :Food and Agriculture Organisation.

HR : Humidité Relative.

mg : milligramme.

kg :kilogramme.

mm : millimètre.

Fig : Figure.

TABLE DES MATIÈRES

ملخص

RESUME

ABSTRACT

REMERCIEMENTS

DEDICACES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE 01

I. Introduction	1
II. Matériel et Méthodes	3
II. 1. Présentation de la station d'étude	3
II. 2. Collecte et élevage.....	4
II. 3. Présentation des insectes collectés	5
II. 3. 1. <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Silvain)	5
II. 3. 2. <i>Rhyzopertha dominica</i>	7
II. 3. 3. <i>Sitophilus granarius</i>	10
II. 3. 4. <i>Tribolium confusum</i>	12

PARTIE 02

I. Les dégâts causés par les insectes	15
II. Méthode de lutte contre les insectes des denrées stockées	16
II. 1. Les méthodes traditionnelles	17
II. 1. 1. Enfumage	17
II. 1. 2. Exposition au soleil	17
II. 1. 3. Utilisation des plantes répulsives	17
II. 1. 4. Utilisation de matières inertes	17

II. 2. Méthodes de lutte modernes	17
II. 2. 1. Lutte préventive	17
II. 2. 2. Lutte curative	18
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	25
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

Partie 01

Introduction 

Introduction

I. Introduction

Les grains de céréales constituent depuis toujours la principale ressource alimentaire de l'homme et des animaux domestiques. En Algérie, les céréales et leurs dérivées constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien. En effet, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique, et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (**Feillet, 2000**). C'est pourquoi la connaissance des phénomènes régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage sont déterminantes pour la survie de millions de personnes (**Kheladi, 2009**). La population mondiale enregistre des taux d'accroissement à peine concevables qui font passer l'humanité de 1,5 milliards d'individus vers 1850 à plus de 7,7 milliards aujourd'hui.

Le blé, constitue une des céréales les plus cultivées dans le monde. C'est une source importante de protéine pour l'alimentation humaine (**Molkhou et al., 2007**). En Algérie, les produits céréaliers, dont le blé, occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (**Djermoun, 2009**). Cependant, la conservation post-récolte est le seul moyen d'assurer le lien entre la récolte intervenant une fois dans l'année et la consommation qui est permanente et obligatoire (**Waongo et al, 2013**).

Malheureusement, ces cultures se caractérisent très souvent par des rendements faibles et instables, Cela s'explique d'une part par leur sensibilité aux contraintes abiotiques (froid, chaleur, dégradation des sols) et aux contraintes biotiques (moisissures et insectes ravageurs) et d'autres part par l'absence de variétés résistantes ou tolérantes à ces contraintes (**Baudoin, 2001**).

Les insectes sont les plus nuisibles et les plus redoutables car ils déprécient le stock tout entier, quel que soit leur nombre (**Fleurrat-Lessard, 1982**) et se développent rapidement à cause du climat favorable en détruisant entre 30 à 50% des récoltes après quelques mois d'entreposage (**Foua-Bi, 1992; Alzouma, 1990; Hall, 1970**). Plusieurs types de déprédateurs sont à l'origine de ces pertes de blé en Algérie et les principaux sont des coléoptères tels que *Sitophilus granarius*, *Rhyzoperta dominica* et *Tribolium castaneum* (**Syed Shayfuret al., 2007 ; Lorini, 2008 ; Kucerova et al., 2003**). Ces insectes des denrées stockées revêtent une importance particulière par l'ampleur des dégâts qu'ils peuvent occasionner aux cultures. Ils peuvent causer des pertes importantes en réduisant la qualité et la quantité des produits stockés (**Lorini, 2008 ; Gallo, 2002 ; Scheepens, 2011**).

Les insectes d'entrepôt sont catégorisés ; soit comme ravageurs primaires soit comme ravageurs secondaires. Les insectes ravageurs primaires ; sont ceux qui sont capables d'envahir des grains

Introduction

non endommagés et de les infester, même s'ils se nourrissent également de grains endommagés. La plupart des ravageurs primaires sont également capables de lancer leurs attaques dans les champs, avant la récolte. Les ravageurs secondaires attaquent ou s'établissent dans les grains qui ont déjà été endommagés ou attaqués par les ravageurs primaires d'entrepôt (**Aidani, 2015**).

Face à la menace que constituent ces insectes, les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation d'insecticides chimiques surtout les fumigants. Ces traitements sont efficaces, peu onéreux et aisément disponibles dans les pays en voie de développement (**Kouassi, 2001**). Cependant, les innombrables nuisances associées à leur utilisation telles que leur toxicité, la perturbation de l'équilibre biologique de l'écosystème et le développement de souches résistantes, imposent la recherche de nouvelles méthodes alternatives de lutte contre ces ravageurs.

Dans cette optique, la valorisation des plantes aromatiques à effet insecticide prend de plus en plus de l'ampleur au niveau des programmes de recherches dans le monde entier et particulièrement en Afrique. Ces plantes sont exploitées sous plusieurs formes afin de limiter les pertes post-récoltes soit entières, soit sous formes de poudres végétales, d'huiles essentielles, d'huiles végétales ou d'extraits végétaux.

L'objectif de notre travail vise à inventorier les différentes espèces de ravageurs des denrées stockées pendant leur conservation et les moyens de lutte appliquée contre ces insectes.

Matériel

et



Méthodes

II. MATERIEL ET METHODES

II. 1. Présentation de la station d'étude

Les différentes espèces de ravageurs sont collectées de la Coopérative de céréales et de légumes secs (CCLS) dans la région d'EL Aouinet (Fig.02). Cette dernière est située à l'extrême nord de la wilaya de Tébessa, elle est limitée au nord par la wilaya de Souk-Ahras, à l'ouest par la wilaya d'Oum El Bouaghi, à l'est par la municipalité de l'Ouenza et au sud par la municipalité de Morsott (Fig. 01).



Figure 01. Carte géographique de la région de d'EL Aouinet (Google Maps).

Source : www.google.com

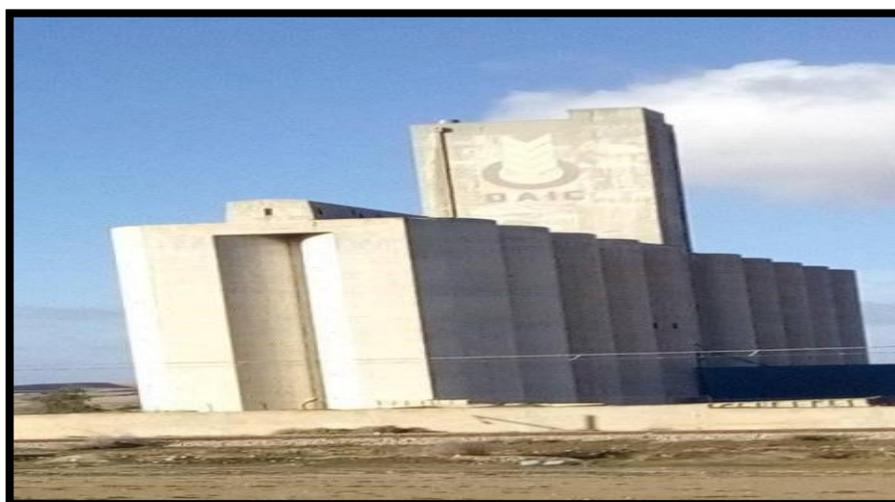


Figure 02. Station OAIC Laouinet (photo personnelle).

II. 2. Collecte et élevage

Les insectes ravageurs ont été collectés à partir de CCLS (Coopératives des céréales et des légumes secs) de la région de Tébessa, on les a criblé dans un tamis de 2 mm, avec un papier filtre blanc pour qu'on puisse les repérer à l'œil nu (Fig. 04). Les insectes identifiés sont mis dans des bocaux contenant 1 kg de blé (Fig. 03).



Figure 03. Bocaux d'élevage (photo personnelle).



Figure 04. Tri et identification des insectes (photo personnelle).

II. 3. Présentation des insectes collectés

Les grains subissent de multiples agressions de la part des insectes lors du stockage et de la conservation. Ces insectes nuisibles peuvent être répartis en deux groupes :

- **Ravageurs primaires** : Sont ceux qui sont capables d'envahir des grains non endommagés et de les infester, même s'ils se nourrissent également de grains endommagés. La plupart des ravageurs primaires sont également capables de lancer leurs attaques dans les champs, avant la récolte.
- **Ravageurs secondaires** : Attaquent les grains qui ont déjà été endommagé ou attaqué par les ravageurs d'entrepôt (Taruvunga, 2014).

Au cours de cette étude, j'ai pu inventorier quatre espèces de ravageurs des denrées stockées, appartenant à l'ordre de coléoptères à savoir : Le charançon (*Sitophilus granarius*), Le Silvain (*Cryptolestes ferrugineus*), Le tribolium (*Tribolium confusum*) et Le capucin (*Rhyzopertha dominica*).

II. 3. 1. *Cryptolestes ferrugineus* (Silvain) :

Cryptolestes ferrugineus (Stephens) ou petit sylvain est un coléoptère (ravageur secondaire) aplati dorso-ventralement brun d'environ 3 mm de long possède de longues antennes (la moitié de la longueur du corps). En chapelet projetées vers l'avant en forme de «V» chez les deux sexes (Dobie et al., 1991 ; Banks, 1979) (Fig. 05). IL se déplace rapidement parmi les grains chauds et peut voler lorsque la température de l'air dépasse 23°C (Bousquet, 1990).



Figure 05. *Cryptolestes ferrugineus*

A : Face dorsale ; B : Face ventral.

Source : www.grainscanada.gc.ca

II. 3. 1. 1. Classification de *Gryptolestes ferruginens* :

Tableau 01 : La position systématique de *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens,1830).

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropodia
Sous-Embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-Classe	Pterygota
Infra-Classe	Neoptera
ordre	Coleoptera
Sous-Ordre	Polyphaga
Famille	Laemophoeidae
Genre	Cryptolestes
Espèce	<i>Gryptolestes ferruginens</i>

II. 3. 1. 2. Cycle biologique

L'éclosion de l'œuf à l'émergence de l'adulte, peut prendre aussi peu que 19 jours dans des conditions idéales de 35°C et 75% HR (Rilett, 1949). Le développement cessera de se produire si l'humidité du grain tombe en dessous de 12% et / ou l'humidité relative diminue à 40% ou moins (Jagadeesana et al., 2013).

La femelle de *C. ferrugineus* est capable de pondre 2 à 3 œufs par jour, généralement entre les grains, dans les fissures ou à la surface des grains (Rilett, 1949 ; Hagstrum, 2012). En vieillissant, *C. ferrugineus* femelle pond de moins en moins d'œufs, chose rare chez les insectes des produits stockés (Arbogast, 1991). La fécondité moyenne par femelle est de 242 œufs (Davies, 1949). Les œufs sont assez grands par rapport à la longueur totale des femelles adultes. Chaque œuf mesure en moyenne 0,76 mm de longueur alors que les adultes ne mesurent en moyenne que 2 mm de longueur (Rilett, 1949). Les œufs sont blancs et en forme ovale.

Après 4-5 jours, une petite larve blanche claire, légèrement plus longue que l'œuf, émerge. Les larves commencent immédiatement à chercher de la nourriture, préférant l'endosperme de blé, surtout s'il était déjà attaqué par les champignons (Hagstrum, 2012). Si les conditions sont favorables, un grain de blé peut porter une larve tout au long du développement jusqu'au stade nymphal (Rilett, 1949). S'il y a un manque de nourriture, les coléoptères deviendront cannibales et se nourriront de pupes et d'œufs (Sheppard, 1936).

Il existe quatre stades, et tous ces stades peuvent être très mobiles lors de la recherche de nouveaux aliments. Les larves du quatrième stade complètement développées sont robustes, poilues et peuvent mesurer jusqu'à 4 mm de long (**Jagadeesanaet al., 2013**).

Les nymphes sont nues et ne peuvent que déplacer leur abdomen d'avant en arrière et le feront facilement lorsque perturbées. L'insecte reste au stade nymphal pendant environ quatre jours, mais commence à devenir rougeâtre ou de couleur brune le troisième jour. L'insecte adulte émerge avec des élytres avec une couleur brune rougeâtre.

II. 3. 2. *Rhyzopertha dominica*

R. dominica, également appelé capucin des grains, est un insecte de petite taille de 2,3 à 2,8 millimètre de longueur (**Fig. 06**), brun capable d'attaquer les grains sains et entiers (**ravageur primaire**). Les adultes sont bruns foncés, presque cylindriques et mesurent 4mm de long avec une grosse tête penchée sous le thorax.

Les larves complètement développées mesurent 2,5 mm de long, sont incurvées et renflées aux deux extrémités. Elles ont une tête brune et six courtes pattes (**Ripusudan, 2002**). Les larves et les adultes se nourrissent à l'intérieur des grains. La femelle pond ses œufs de 300 à 500 dans le grain. Le cycle dure un mois en conditions favorables. Cet insecte est répandu dans le monde entier (**Ripusudan, 2002**).



Figure 06. Capucin des grains

A : Face dorsale ; **B** : Face ventral.

Source : www.grainscanada.gc.c

II. 3. 2. 1. Classification de *Rhyzopertha dominica*

Tableau 02 : La position systématique de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792).

Règne	Animal
Embranchement	Arthropode
Sous embranchement	Antennates ou Mandibulates
Classe	Insecte
Sous classe	Ptérygote
Ordre	Coléoptère
Famille	Bostrychidae
Genre	Rhyzopertha
Espèce	<i>Rhyzopertha dominica</i>

II. 3. 2. 2. Cycle biologique

L'accouplement et la ponte ont lieu en avril ou mai, quand les T° sont élevées (Lepigre, 1951). Les femelles pondent de 300 à 600 œufs à la surface des grains, à l'intérieur ou parmi les débris, ils sont déposés isolement ou en petit amas (Lepesme, 1944). La durée de développement du capucin des grains est essentiellement liée à la T° et à la teneur en eau des grains (Balachowsky, 1935).

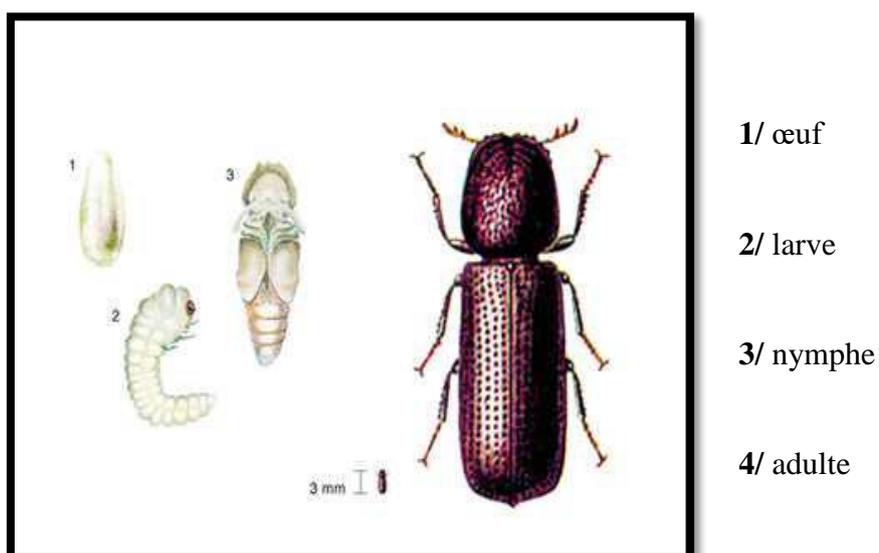


Figure 07. Stades morphologiques de *Rhyzopertha dominica*.

Source : www.grainxanada.gc.ca/storage.entrepose

- a. Ponte et éclosion :** Les femelles s'accouplent plusieurs fois au cours de leur vie qui peut atteindre 8 mois et elles pondent en conditions favorables de 300 à 400 œufs environ, les œufs sont piriformes, blancs ou rosés, isolés ou en petits paquets (**Balachowsky, 1962**). La durée moyenne d'incubation est de 15 jours à 26°C et de 65% d'humidité relative (**Potter, 1935**) (**Fig. 07**).
- b. Evolution larvaire :** Après l'éclosion les larves s'introduisent dans les grains en creusant des tunnels aux alentours du germe et continuent leur développement à l'intérieur (**Thomson, 1966**). Au cours de son développement, la larve passe par 4 stades (**Balachowsky, 1962**)(**Fig. 07**). Les larves du premier stade sont de type Chrysomélien (pourvues de pattes) ; les trois derniers stades sont apodes de type Rhynchophorien. Au 1er âge, elle mesure 1 à 1,5 mm de long. Au dernier stade elle atteint 2,5 à 3 mm, fortement incurvée et épaisse, blanche avec des soies foncées, segment anal renflé, tête grosse et brune ornée de poils bruns, pattes assez grandes brunes (**Mourier, 1979**). Les larves de ces insectes ont un régime Clétrophage exclusivement car elles vivent dans les grains (**Flaurat-Lessard, 1982**).
- c. Nymphose :** a lieu dans une cavité du grain. A la fin du dernier stade larvaire, la larve s'immobilise, cesse de se nourrir et se transforme en nymphe immobile. La nymphe est libre dans la galerie creusée dans le grain par la larve, à la fin de son dernier stade elle se nymphose au bout de vingt jours. Les adultes apparaissent de 5 à 8 jours plus tard et se reproduisent aussitôt (**Flaurat-Lessard, 1982**)(**Fig. 07**).

II. 3. 3. *Sitophilus granarius*

Le charançon du blé *Sitophilus granarius* de la Famille des *Curculionidés* (ravageur primaire), l'adulte est brun foncé, pratiquement noir, avec une apparence luisante, caractérisé par un rostre bien visible légèrement recourbé, équipé de pièces buccales broyeuses (**Anonyme, 2014**) (**Fig. 08**). Le prothorax est aussi long que l'abdomen dont les élytres sont rainurés. Il mesure 3,5 à 5 mm et ne vole jamais (absence d'ailes postérieures membraneuses). La larve de 2,5 à 3 mm de longueur est blanche, à tête brune claire et sans pattes (**Immanuel, 2004**).



Figure 08. *Sitophilus granarius*

A : Face dorsale ; **B** : Face ventral.

Source : www.grainscanada.gc.ca

II. 3. 3. 1. Classification de *Sitophilus granarius*

Tableau 03 : La position systématique de *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758).

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
classe	Insecta
Sous -classe	Ptérygota
Infra-classe	Neoptera
Ordre	Coleoptèra
Sous-ordre	Polyphaga
Famille	Curculionidae
Sous-famille	Dryphtorinae
Genre	<i>Sitophilus</i>
Espèce	<i>Sitophilus granarius</i>

II. 3. 3. 2. Cycle biologique

Le charançon du blé ne peut se reproduire que dans les grains où le taux d'humidité est supérieur à 9,5 % et une fourchette de T° allant de 13 jusqu'à 35°C (Thomson, 1966). Le développement complet se fait entre 25 à 35 jours dans les conditions optimales, lorsque la température se situe entre 26 °C et 30 °C, et la teneur en eau est de 14 % (Potter, 1935). Le charançon développe son cycle complètement à l'intérieur des grains. L'adulte possède un appendice nasal distinctif dont il se sert pour creuser dans le grain (Thomson, 1966).



Figure 09. Différents stades de *Sitophilus granarius*.

Source : www.grainxanada.gc.ca/storage-entrepote

a. Ponte et éclosion

La femelle pond environ 200 œufs, à une vitesse de 2 ou 3 par jour, en fonction de la température et de l'humidité, en plaçant chacun d'eux dans un petit trou creusé dans le grain et en scellant celui-ci avec un bouchon de salive mucilagineux (**Fig. 09**). Entre 18 et 20°C, les œufs éclosent après 8 à 11 jours pour donner naissance à de petites larves blanches (**Potter, 1935**).

b. Evolution larvaire

Dès qu'elle apparaît, la larve creuse au travers du grain une galerie qu'elle va élargir au fur et à mesure de sa croissance (**Bekon, 1989**). Dépourvues de pattes, avec une longueur de 2,5 à 3 mm, et de couleur blanche, les larves se nourrissent de l'albumen et achèvent leur croissance à l'intérieur des grains (**Potter, 1935**) (**Fig. 09**). Une seule larve se développe par petit grain comme le blé et le riz, mais les plus gros grains comme le maïs supportent le développement de plusieurs spécimens. Les larves ne vivent jamais à l'air libre et se développent entièrement à l'intérieur du grain où elle mue quatre fois (**Lepesme, 1944**).

c. Nymphose

La larve se transforme en nymphe au sein des grains, après 6 à 8 semaines. Les adultes émergent après 5 à 16 jours supplémentaires et vivent environ 9 mois. Ils percent des trous sur le côté des grains pour en sortir (**Lepesme, 1944**) (**Fig. 09**). S'ils sont dérangés, ils feignent la mort en repliant leurs pattes sur leur corps et en restant dans cette position. A une température de 15°C et avec un taux d'humidité du grain égal à 11,3%, le cycle de vie complet s'étend sur six mois (**Potter, 1935**).

II. 3. 4. *Tribolium confusum*

Tribolium de la farine est un insecte coléoptère, parmi les ravageurs secondaires qui se déplace rapidement et se dissimule de préférence dans les recoins obscurs (**Lepiger, 1966**), appartenant à la famille des Ténébrionidae. L'adulte mesure de 3 à 4mm, de couleur uniformément brun avec une capsule céphalique et une face dorsale sont légèrement rougeâtres. Il est étroit, allongé, à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres. Les derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivants. (**Delobel, 1993 ; Lepesme, 1944**) (**Fig. 10**).

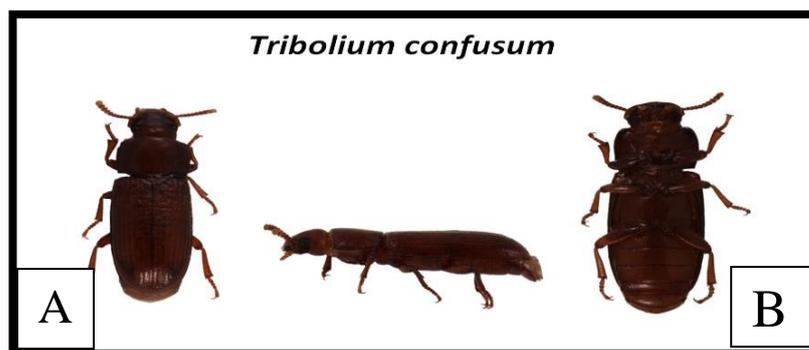


Figure 10. *Tribolium confusum*
A : Face dorsale ; B : Face ventral.

Source : coleoguy.blogspot.com

II. 3. 4. 1. Classification de *Tribolium confusum*

Tableau 04 : La position systématique de *Tribolium confusum* (Val, 1861).

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Infra-classe	Neoptera
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Polyphaga
Infra-ordre	Cucujiformia
Super-famille	Bostrichoidea
Famille	Tenebrionidae
Sous-famille	Ulominae
Genre	Tribolium
Espèce	<i>Tribolium confusum</i>

II. 3. 4. 2. Cycle biologique

La durée du cycle est de 24 à 26 jours, à 32,5°C et une HR de 70 %. *Tribolium confusum* (Duval) est un **ravageur secondaire** dont l'optimum thermique se situe entre 32°C et 35°C, son développement s'arrête au-dessous de 22°C. En absence d'alimentation, *Tribolium confusum* exerce le cannibalisme, dévore les œufs et les larves de leur congénère (Steffan, 1978).



Figure 11. Différents stades de développement de *Tribolium confusum*

A : œuf ; **B** : larve ; **C** : nymphe ; **D** : adulte (Walter, 2002).

a. Ponte et éclosion

Le premier accouplement a lieu environ 2 jours après l'émergence des imagos et dure de 3 à 15 min. Chez *Tribolium confusum* (Duv.) l'échelonnement des pontes est conditionné par plusieurs copulations. Les œufs sont pondus en vrac sur les marchandises et ils sont difficiles à déceler. Au cours de sa vie, la femelle pond entre 500 et 1000 œufs (Steffan, 1978).

L'œuf est oblong et blanchâtre, presque transparent, surface lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée. Il mesure en moyenne 0,6 x 0,3 mm (Lepesme, 1944) (Fig. 11).

b. Evolution larvaire

L'éclosion de l'œuf donne naissance à une larve néonate et de couleur blanche, de petite taille ne dépassant pas 1,4 mm. Elle passe par plusieurs stades dont le nombre varie de 5 à 12 selon la température, l'humidité relative et la qualité de l'alimentation.

La larve du dernier stade est cylindrique mesure environ 7 mm de long et 0,8 mm de large, sa couleur est d'un jaune pâle. Son corps presque glabre, se termine par deux paires urogomphes, elle circule librement dans la denrée infestée ou elle se nymphose (Lepesme, 1944)(Fig. 11).

c. Nymphose

La nymphe est blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés. La nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer jusqu'à l'apparition de l'imago (**Balachowsky, 1935**) (**Fig. 11**).

L'imago est d'un blanc jaunâtre, son tégument se sclérotinise et se pigmente 2 à 3 jours après son émergence. La couleur devient brun rouge, sa taille atteint 3 à 4 mm. Ces élytres allongés, parallèles et arrondis à l'extrémité postérieure, portent des lignes régulières de ponctuation séparées par des cotés très fins. Les pattes sont courbées, les tarses postérieurs sont formés de quatre articles (**Fig. 11**) (**Lepesme, 1944**).

L'émergence de l'adulte a lieu six jours après la nymphose à 32,5°C et une humidité relative de 70 % (**Steffan, 1978**).

Partie 02



I. Les dégâts causés par les insectes

Ce sont les insectes qui causent d'importantes pertes économiques au niveau du stockage des céréales. Deux ordres principaux comprennent la majorité des espèces inféodées au stock. Il s'agit des lépidoptères et les coléoptères. Ces derniers sont à l'origine de la plus part des dommages subis dans les réserves des denrées stockées et sont susceptibles de causer des dégâts aux grains stockés, en particulier les espèces de *Rhysopertha dominica* et de *Sitophilus granarius* qui sont très fréquentes (Karahacane, 2015).

Les insectes peuvent causer des dégâts considérables



Figure 12. Dégâts causés par les insectes (photos personnelles).

Méthodes de lutte

Tableau 05 : Les principaux ennemis des denrées stockées et leurs dégâts (Aziez et al.,2003).

Insectes	Nom d'insecte	Condition de Prolifération	Dégâts occasionnés	Nature des dégâts
	Charançon (<i>Sitophilus granarius</i>)	Population multipliée par 20 en 80 jours (30°C et HG à 14%)	Larves	-Trous dans les grains -Germe et amende dévorés
	Cryptoleste (<i>Cryptolestes ferrugineus</i>)	Population multipliée par 60 en 28 jours (35-40°C,HR70-90%)	Adultes et Larves	-Détruit le germe
	Capucin (<i>Rhyzopertha dominica</i>)	Population multipliée par 20 en 28 jours (34°C, HR70%)	Adultes	-Réduction en poudre du contenu du grain

II. Méthode de lutte contre les insectes des denrées stockées

La protection des céréales stockées contre les attaques d'insectes et d'acariens soulève des problèmes variés et elle doit faire appel à un ensemble de techniques différentes qu'il est nécessaire d'appliquer à bon escient. Le souci majeur d'un stockeur est de garder son stock de céréale intact.

Un ensemble de mesure préventive et curative devrait être pris en considération, il s'agit de toutes techniques destinées à réduire l'infestation au champ, au début du stockage ainsi que pendant le stockage.

Lorsqu'un lot de grains est infecté, la désinsectisation avant ou au cours du stockage est indispensable.

II. 1. Les méthodes traditionnelles

II. 1. 1. Enfumage

Les denrées les plus importantes pour le producteur sont souvent stockées au-dessus des foyers domestiques et sont ainsi enfumées presque en permanence (**Doumandji, 2003**). Cet enfumage ne tue pas les insectes mais les éloigne et empêche l'infestation.

II. 1. 2. Exposition au soleil

L'exposition des denrées au rayonnement solaire intense favorise le départ des insectes adultes qui ne supportent pas les fortes chaleurs ni la lumière intense (en stock les insectes se cotonnent souvent dans les zones sombres).

Le produit doit être déposé en couches minces et les formes cachées dans le grain ne sont pas atteintes (**Doumandji, 2003**).

II. 1. 3. Utilisation des plantes répulsives

Dans certaines régions on a coutume de mélanger aux grains des plantes qui agissent comme insectifuges (**Doumandji, 2003**).

II. 1. 4. Utilisation de matières inertes

On mélange aux grains de la cendre ou du sable fin, ces matériaux pulvérulents remplissent les vides entre les grains et constituent une barrière à la progression des femelles cherchant à pondre (**Doumandji, 2003**), et entraînent leur déshydratation. Dans tous les cas le matériau soit propre et suffisamment fin.

II. 2. Méthodes de lutte modernes :

Elle peut prendre deux formes pouvant être complémentaires : préventive et curative.

II. 2. 1. Lutte préventive

a. Protection des locaux de stockage

Avant la mise en stock des denrées, il est indispensable de nettoyer correctement les structures de stockage :

- Balayage correcte des locaux, brossage des murs et colmatage des fissures.
- Toutes les balayures et détritrus rassemblés doivent être détruits car il pourrait constituer un foyer d'infestation. En magasin il faudra traiter les sacs vides et détruire le vieux sac.
- Comme les locaux de stockage, les alentours des bâtiments, doivent être propres et parfaitement dégagé (**Belmouzar, 2004**).

- La désinsectisation de l'emballage et des locaux de stockages qui doivent être hermétiquement fermés ainsi que la denrée destinée au stockage.
- Utiliser un emballage résistant tels que les sacs en polyéthylène doublé, coton que les insectes sont incapable de percer (**Amari, 2014**).

b. Protection de la denrée

Avant la mise en stock, le produit doit être correctement nettoyé, la présence de brisures et de fines constitue un élément favorable au développement des insectes.

Tout nouveau lot doit être considéré à priori comme douteux est correctement inspecté car du produit attaqué introduit même en faible quantité peut infester un magasin ou un silo. La lutte contre les insectes sera souvent vaine si l'on ne considère pas que c'est l'ensemble des structures de stockage des denrées stockées qui doit être correctement tenu et si l'on observe pas des principes élémentaires pouvant prévenir les infestations (**Philippe, 2006**).

II. 2. 2. Lutte curative

Les traitements curatifs ont pour but d'empêcher le développement des ravageurs de denrées stockées en cas de l'infestation et avant d'arriver à des stades plus complexes irréversibles.

a. Lutte physique et mécanique

➤ **Lutte par le froid**

La température optimale pour le développement des insectes des denrées stockés est entre 25-33°C (**Abdelaziz, 2011**). Les basses températures < 10 °C retardent le développement de ces insectes et donc réduisent leurs effectifs à un niveau où ils ne peuvent pas causer des dégâts considérables (**Abdelaziz, 2011**).Egalement elles bloquent leurs développement, réduisent leurs alimentations leur fécondité et leur survie (**Logstaff, 2009**).

➤ **Lutte par la chaleur**

Des essais de désinsectisation par la chaleur des céréales ou produits dérivés (farines, semoules) ont été réalisés en Australie et en France. La technique consiste à traiter les produits en lit fluidisés à haute température (60 à 180°C) qui est suivis d'un refroidissement rapide. La du T° produit n'atteignant pas 65 à 70°C. Ces températures peuvent endommager la qualité boulangère et la faculté germinative de la plupart des graines (**Evans, 1987**) ; donc la température du grain doit être soigneusement mesuré et contrôlé (**Abdelaziz, 2011**) pour réaliser une désinsectisation sans causer des dommages aux derniers (**Evans, 1983**).

Cette méthode est intéressante et peut être utilisée pour la semence, plusieurs travaux ont montré qu'elle n'affecte pas la germination (**Reed, 1986**).

➤ Lutte par atmosphère modifiée

Des auteurs ont montré l'importance d'une atmosphère modifiée où une concentration élevée de dioxyde de carbone et du nitrogène supérieur à 60% et une concentration faible d'oxygène inférieur à 1% sont efficaces pour le contrôle des insectes et des acariens des stocks (**White, 1991**). Le dioxyde de carbone est considéré plus efficace que le nitrogène dans la modification de l'atmosphère, qui agit par l'ouverture permanente des stigmates des insectes provoquant ainsi une déshydratation de ces derniers. L'utilisation du dioxyde de carbone à une concentration de 15 à 50 % et à des températures basses de 12 à 15°C est capable de contrôler les populations d'insectes des céréales comme *Rhyzopertha dominica*.

➤ Radiations ionisantes

Les mâles sont plus sensibles aux radiations gamma que les femelles, la dose létale dépend de l'insecte et la période du traitement (**Esam et al., 1992**). La désinsectisation par les rayons gamma, à hautes doses provoque la mort de tous stades de développement de l'insecte (**Diop, 1997**), par contre son exposition à des doses faibles entraîne sa stérilité (**Dongre, 1997**).

➤ Radiations non ionisantes

Tels que les infrarouges et les radiofréquences qui permettent de chauffer les produits infestés à une température létale pour tous les insectes qui s'y trouvent quelle que soit l'espèce ou le stade de développement (**Singh, 1988 ; Zegga, 2001**).

➤ Régulateurs de croissance des insectes

Les hormones de croissance et leurs analogues sont utilisés pour lutter efficacement dans un environnement fermé contre plusieurs papillons et les coléoptères des produits entreposés (**Loshiavo, 1976 ; Williams & Amos, 1974**). Ils perturbent la reproduction et le comportement de ponte chez ces insectes (**Upadhyay, 2011**). L'hydrophène montre une inhibition complète de la progéniture de *Sitophilus granarius* (L.) à une dose de 10-20mg /kg (**Upadhyay, 2011**). L'hormone juvénile méthoprène et pyriproxifène et l'ecdysone RH-5849 montrent une excellente activité contre les souches résistantes et sensibles à l'insecticide *Actellic* de *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica* (**Kostyukovsky et al., 2000**).

❖ Avantages et inconvénients des méthodes physiques

Les méthodes décrites ici sont généralement au moins aussi rapides que les méthodes chimiques. Tous impliquent des lois simples de la physique qui rendent le développement de la résistance chez les ravageurs très improbable (**Ripusudan, 2002**). Toutes les méthodes mentionnées ne modifient pas la qualité du produit traité et peuvent être considérées comme plutôt sûres en termes de sécurité des travailleurs. Les méthodes de contrôle physique ne nécessitent pas d'autorisation et ne laissent aucun résidu. Un inconvénient de certaines méthodes pourrait être l'apport d'énergie requis qui pourrait rendre, par exemple, la congélation trop coûteuse pour des produits en vrac tels que les céréales, tant que d'autres méthodes sont plus réalisables.

b. Lutte chimique

Les moyens de protection les plus efficaces sont les pesticides chimiques (**Relinger et al., 1988 ;Haubruge et al., 1988 ; Hall, 1970**). Pour la protection des stocks vivriers et les semences, les pesticides fréquemment utilisés sont les organophosphorés, les pyréthriinoïdes de synthèse et des produits composés à partir des matières actives appartenant aux deux familles (**Gwinner, 1996**).

Deux types de traitement sont généralement employés :

- **Traitement par contact** : qui consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue (**Cruz, 1988**), Tels que les pyréthriinoïdes de synthèse en provoquant souvent effet de choc sur les insectes comme *Tribolium castaneum*.

- **Traitement par fumigation** : qui consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique qu'on appelle fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, les larves et les nymphes qui s'y développent (**Cruz, 1988**).

Actuellement, l'utilisation des pesticides est le moyen le plus efficace pour réduire ou limiter les pertes. Toutefois, du fait de leur toxicité, ces substances peuvent causer des intoxications aux consommateurs à cause de la présence de résidu dans les denrées traitées.

❖ Inconvénients de lutte chimique

Les pesticides chimiques sont souvent non seulement toxiques pour les organismes auxquels ils étaient destinés, mais aussi pour d'autres organismes. Les pesticides chimiques peuvent être subdivisés en deux groupes : les pesticides non sélectifs et les pesticides sélectifs. Les produits non sélectifs sont les plus nocifs, car ils tuent toutes sortes d'organismes (**Canna, 2020**), y compris les espèces inoffensives et utiles. Par exemple, il existe des herbicides qui tuent les mauvaises herbes à feuilles larges et les graminées. Cela signifie qu'ils ne sont pas sélectifs car ils tuent presque toute la végétation.

- Les pesticides sélectifs ont une gamme plus limitée. Ils ne se débarrassent que du ravageur, de la maladie ou de la mauvaise herbe ciblés et les autres organismes ne sont pas affectés. Un exemple est un désherbant qui ne fonctionne que sur les mauvaises herbes à feuilles larges. Cela pourrait être utilisé sur les pelouses (**Canna, 2020**), car il ne tue pas l'herbe. De nos jours, une combinaison de plusieurs produits est généralement requis pour contrôler plusieurs ravageurs car presque tous les produits autorisés sont sélectifs et ne contrôlent donc qu'une gamme limitée de ravageurs.
- Un autre inconvénient des pesticides chimiques est la résistance. Les pesticides ne sont souvent efficaces que pendant une (courte) période sur un organisme particulier. Les organismes peuvent devenir immunisés contre une substance, donc ils n'ont plus d'effet. Ces organismes mutent et deviennent résistants (**Canna, 2020**). Cela signifie que d'autres pesticides doivent être utilisés pour les contrôler.
- Un troisième inconvénient est l'accumulation. Si les plantes pulvérisées sont mangées par un organisme et que cet organisme est ensuite mangé par un autre, les produits chimiques peuvent être transmis dans la chaîne alimentaire (**Canna, 2020**). Les animaux au sommet de la chaîne alimentaire, généralement des prédateurs ou des humains, ont une plus grande chance de toxicité en raison de l'accumulation de pesticides dans leur système. Progressivement, cependant, cet effet devient moins pertinent car les pesticides doivent désormais se décomposer plus rapidement pour ne pas s'accumuler. S'ils ne le font pas, ils ne sont pas autorisés à la vente.
- La dernière menace, et la plus importante, concerne les restes ou résidus de pesticides laissés sur les cultures. Les résidus peuvent être consommés sur les fruits ou légumes, par exemple, et pour cette raison (**Canna, 2020**), les cultures ne peuvent pas être pulvérisées à proximité de la récolte. Alternativement, les restes de pesticides peuvent

pénétrer dans le sol ou les eaux souterraines et l'eau contaminée peut alors être utilisée pour pulvériser les cultures ou être bue par les animaux.

❖ Les avantages

L'utilisation de pesticides chimiques est répandue en raison de leur coût relativement faible, de la facilité avec laquelle ils peuvent être appliqués et de leur efficacité, disponibilité et stabilité. Les pesticides chimiques ont généralement une action rapide, ce qui limite les dommages causés aux cultures.

c.Lutte biotechnique (lutte par confusion sexuelle)

Cette technique consiste à multiplier le nombre de points d'émission du bouquet de phéromones sexuelles de telle sorte que les mâles attirés soient dans l'incapacité d'identifier et localiser la femelle de la même espèce (**Fargo et al., 1994**), cela engendre une diminution du taux de la copulation et par conséquent le déclin de la génération suivante.

❖ Les avantages

- **Accrue des cultures :** La biotechnologie a contribué à accroître la productivité des cultures en introduisant des qualités telles que la résistance aux maladies et une tolérance accrue à la sécheresse pour les cultures.
- **Protection améliorée des cultures :** des cultures telles que le maïs, le coton et la pomme de terre ont été transformées avec succès grâce au génie génétique pour produire une protéine qui tue certains insectes lorsqu'ils se nourrissent des plantes (**Wieczorek, 2003**). La protéine provient de la bactérie du sol *Bacillus thuringiensis*, qui est utilisée depuis des décennies comme ingrédient actif de certains insecticides «naturels».
- **Avantages environnementaux** Lorsque le génie génétique réduit la dépendance aux pesticides (**Wieczorek, 2003**), nous avons moins de résidus de pesticides sur les aliments.

❖ Les inconvénients

- **Résistance aux antibiotiques :** Les gènes de résistance aux antibiotiques sont utilisés pour identifier et tracer un trait d'intérêt qui a été introduit dans les cellules végétales. Cette technique garantit la réussite du transfert de gènes au cours de la modification génétique (**Wieczorek, 2003**). L'utilisation de ces marqueurs a fait craindre l'émergence de nouvelles souches de bactéries résistantes aux antibiotiques.

- **Impacts sur les espèces «non ciblées» :** Certains écologistes soutiennent qu'une fois que les cultures transgéniques ont été libérées dans l'environnement (**Wieczorek, 2003**), elles pourraient avoir des effets imprévus et indésirables. Bien que les cultures transgéniques soient rigoureusement testées avant d'être commercialisées.
- **Résistance aux insecticides :** Une autre préoccupation liée à l'impact potentiel de la biotechnologie agricole sur l'environnement concerne la question de savoir si les insectes ravageurs pourraient développer une résistance aux caractéristiques de protection des cultures des cultures transgéniques (**Wieczorek, 2003**).

d. Lutte biologique

La lutte biologique repose sur l'utilisation d'organismes vivants pour diminuer la population des pathogènes, de manière à réduire les dégâts dans la culture. Champignons, nématodes, bactéries, insectes, tous les organismes sont potentiellement des prédateurs pour les parasites et les ravageurs (**Caron, 2006**).

Cette méthode entre dans le cadre du développement durable et de la sauvegarde des écosystèmes. Elle vise à réduire les populations des insectes ravageurs, en utilisant leurs ennemis naturels qui sont soit des prédateurs, soit des parasites ou des agents pathogènes, ainsi que des produits naturels d'origine végétale comme des poudres minérales, des huiles végétales, huiles essentielles..., issue du phénomène de la phytothérapie. Selon (**Padin, 1997**) l'agent pathogène comme *Beauveria bassiana* utilisé à la dose 0,5 g/q s'est montrée efficace vis-à-vis *Tribolium castaneum*. Les mortalités ont dépassé 50 % après 14 jours des traitements.

Les plantes aromatiques ont été utilisées pour des fins médicaux ; elles sont traditionnellement utilisées pour protéger les graines entreposées (**Sanon et al., 2003**).

Actuellement, la lutte biologique est la méthode la plus favorisée dans les programmes de recherche vus ses intérêts économiques et agro-environnementaux qui permettent le maintien d'un équilibre bioécologique (**Amari, 2014**).

Les huiles essentielles extraites des feuilles des plantes aromatiques ont également révélé des propriétés insecticides très intéressantes contre une grande variété d'insectes ravageurs des stocks des denrées alimentaires (**Tapondjou et al., 2002 ; Kellouche, 2005**).

L'activité insecticide de plusieurs huiles essentielles, poudres et d'autres extraits de plantes ont été évalués contre différents ravageurs des céréales et des légumes (**Yazdani, 2014**).L'activité

biologique des huiles essentielles sur les insectes phytophages s'exerce à plusieurs niveaux et limite le renouvellement des générations (**Regnault-Roger, 2008**).

❖ Les inconvénients de la lutte biologique

L'effet des ennemis naturels est moins prononcé que le contrôle chimique. Donc, si la méthode biologique ne fonctionne pas, une dose plus élevée de pesticides chimiques est nécessaire, car le ravageur est déjà largement répandu.

Enfin, il n'existe pas de méthodes naturelles de contrôle des virus autres que l'élimination des plantes affectées. Tout comme le contrôle chimique, le contrôle biologique est constamment en développement car de nouveaux organismes nuisibles (insectes, champignons, bactéries) apparaissent et les organismes mutent. Les produits qui assurent un contrôle biologique par des produits chimiques d'origine naturelle sont classés comme des produits phytopharmaceutiques, tout comme les pesticides, et doivent donc également répondre à des exigences strictes. Cette catégorie de «produits phytopharmaceutiques» peut également être plutôt coûteuse.

❖ Les avantages des méthodes biologiques

Le premier avantage est que l'ennemi naturel peut s'établir et cela produira des résultats à long terme. Le risque de résistance est également beaucoup plus faible car les ravageurs ne peuvent pas développer de résistance à la consommation (**Canna, 2020**). La lutte naturelle contre les ravageurs est très ciblée et constitue donc un moyen efficace de lutter contre certains ravageurs.



Conclusion

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au cours du stockage, d'immenses quantités de céréales sont perdues en raison des attaques des insectes ravageurs d'où une perte quantitative qui s'explique par une diminution du poids et une perte qualitative qui déprécie la valeur nutritionnelle de ces aliments.

De telles pertes peuvent entraîner des pénuries alimentaires sérieuses dans nos régions où les récoltes ne sont pas importantes compte tenu des faibles surfaces cultivées. Il est donc nécessaire de rechercher des variétés qui sont cultivées localement et qui sont moins attaquées par cet insecte ravageur dans les lieux de stockage.

Tout développement des cultures de céréales nécessite l'élaboration des méthodes de contrôles efficaces des populations des insectes ravageurs.

Notre étude vise à déterminer les différentes espèces qui infestent les denrées stockées et rechercher les méthodes appliquées pour lutter contre ces insectes.

A l'avenir, il serait intéressant de lutter contre ces insectes ravageurs par l'utilisation des biopesticides d'origine végétale afin de minimiser les dégâts causés par ces derniers.

*R*éférences



*B*ibliographiques

Références bibliographiques

A

Abd El-Aziz S. (2011). Control Strategies of Stored Product Pests. Egypt : Journal of Entomology, 8 (2), 101-122p.

Aidani H. (2015). Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhyzopertha dominica*) sur les céréales stockées : « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ». Mémoire de Master : Production et Amélioration des plantes. Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid, 82p.

Alzouma. (1990). Les problèmes de la post-récolte en Afrique Sahélienne : La post-récolte en Afrique. Montmagny : Aupelf-Uref, 7-22p.

Amari N. (2014). Etude du choix de ponte du bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d'haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles : (Cédre, Ciste et Eucalyptus) sur l'activité biologique de l'insecte. Thèse de Magister: commerce et d'industrie. Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 23-25p.

Anonyme. (2014). Le Charançon du blé, Service Antiparasitaire de Bretagnes.

Arbogast R. (1991). Beetles : Coleoptera. In : Gorham, J.R. (ed.) Ecology and Management of Food Industry Pests. Virginia : Association of Official Analytical Chemists, 131-176p.

Aziez M., Hammadouche O., Mallem S., et al. (2003). Le guide pratique pour l'agréeur céréales et légumineuses alimentaires. Algérie : C. N. M. Z, 55p.

B

Balachowsky A. (1963). Entomologie Appliquée à L'agriculture, les Coléoptères. 1^{ère} édition. Paris : Masson et Cie, 314-315p.

Balachowsky A., Mesnil L. (1935). Les insectes nuisibles aux plantes cultivées : leurs mœurs, leur destruction. 1^{ère} édition. Paris : Etablissement Busson, 1722-1724p.

Banks H. (1979). Identification of stored product *cryptolestes spp.* (coleoptera : cucujidae) : a rapid technique for preparation of suitable mounts. Journal of the Australian Entomological Society, 217-222p.

Baudoin J., Fofana B., Jardin P. (2001). Genetic diversity in the Lima bean (*Phaseolus lunatus* L) as revealed by chloroplast DNA (cp DNA) variations. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 48 (5), 437-445p.

Bekon K., Fleurat Lessard F. (1989). Evolution des pertes en matière sèche des grains dues à un ravageur secondaire : *Tribolium castaneum* (Herbst), coléoptère Tenebrionidae, lors de la conservation des céréales. Fiche technique. Paris : Eds John Lihhey Eumtext, 97-104p.

Belmouaz A. (2004). Contrôle phytosanitaire et surveillance des denrées stockées : Agréage et protection phytosanitaire. 1^{ère} édition. Algérie : O.A.I.C (Office Algérien Interprofessionnel des Céréales), 18-34p.

Bousquet Y. (1990). Beetles associated with stored products in Canada : An identification guide. Biosystematics Research Centre, 214p.

C

Canna Research (2020). How to control pests and diseases? Biological vs. Chemical https://www.cannauk.com/how_control_pests_and_diseases_biological_vs_chemical?fbclid=IwAR33VrahypWLzrqUCJyKGaVVV_1L5LS0oipeeRmArWTgp2idVi0bsaU3-Gw.

Caron M. (2006). Le Jardin Bio. Ouest-France, 141p.

Cruz J., Troude F. (1988). Conservation des grains en régions chaudes. Techniques rurales en Afrique : Collection du Ministère de la Coopération et du Développement. CEEMAT/CIRAD, Montpellier, 548 p.

D

Davies R. (1949). The Biology of *Laemophloeus minutus* Oliv. (Col. Cucujidae), 40 (1), 62-82p.

Delobel A., Tran M. (1993). Les Coléoptères des denrées alimentaires / entreposées dans les régions chaudes. 1^{ère} édition. Paris : Orstom, 125-129p.

Diop Y., Marchioni E., Hasselmann C. (1997). Radiation disinfestation of cowpea seeds contaminated by *Callosobruchus maculatus*. France : Journal of Food Processing and Preservation, 21 (1), 69-81p.

Djermoun A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie : Agronomie. Chlef : Université de Hassiba Benbouali, 45-53p.

Dobie P., Haines C., Hodges R., et al. (1991). Insects and Arachnids of Tropical Stored Products : Their Biology and Identification. UK : Natural Resource Institute, 43-246p.

Dongre T., Rananavare H., Padwal Desai S. (1997). Influence of gamma radiation on oviposition and egg viability of *Callosobruchus maculatus* F. and grain loss in mungbean storage. India : Journal of Nuclear Agriculture and Biology, 26 (3), 161-163p.

Doumendji A., Doumandji S., Doumandji B. (2003). Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires, 1-22p.

E

Esam M., Ahmed T., Clyde T., et al. (1992). Composition, nutrition and favor of peanuts. Peanuts science and technologie, 655-688p. Disponible sur : <https://apresinc.com/wp-content/uploads/2015/12/PST-Chapter-17.pdf>.

Evans D. (1987). The survival of immature grain beetles at low temperatures. Australia : Elsevier Ltd, 23 (2), 79-83p.

Evans D., Thorpe G., Dermott T. (1983). The disinfestation of wheat in a continuous-flow fluidized bed. Australia : Elsevier Ltd, 19 (3), 125-137p.

F

Fargo W., Cuperus G., Bonjour E., et al. (1994). Influence of probe trap type and attractant on the capture of four stored grain. Coleoptera : J. Stored Prod, 58p.

Feillet P. (2000). Le grain de blé : Composition et utilisation. 1^{ère} édition. Paris : Inra, 312p.

Flaurat-Lessard D. (1982). Les insectes et les acariens. 1^{ère} édition. Paris : Lavoisier, 394- 436p.

Foua-Bi K. (1992). La post-récolte en Afrique : Actes du Séminaire International de la Post-Récolte en Afrique. Montmagny : Aupelf-Uref, 4-152p.

G

Gallo D. (2002). Entomologia agrícola. Piracicaba : FEALQ, 920 p.

Gwinner J., Harnisach R., Mück O. (1996). Manuel sur la manutention et la conservation des graines après récolte. Eschborn, 368p.

H

Hagstrum D., Phillips T., Cuperus G. (2012). Stored Product Protection. Manhattan : Kansas State University, 350p.

Hall D. (1970). Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas. 1^{ère} édition. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 350p.

Haubruge E., Schiffers B., Gabriel E., et al. (1988). Etude de la relation Dose-Efficacité de six insecticides à l'égard de *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L. et *S. zeamais* Mots. (Coleoptera, Curculionidae). Med. Fac. Landbouw Rijksuniv. Gent, 53, 719-726p.

I

Immanuel Z. (2004). Les ravageurs des céréales stockées. Fiche technique. France : Compagnie Générale des Insecticides, 50p.

J

Jagadeesana R., Nayaka M., Dawsona K., et al. (2013). Dietary media for mass rearing of rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and flat grain beetle, *Cryptolestes pusillus* (Schonherr) (Coleoptera : Cucujidae), 68-72p.

K

Karahaçane T. (2015). Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes du blé en post récolte. Thèse de Doctorat : Entomologie Appliquée. El Harrach : Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 136p.

Kellouche A. (2005). Etude de la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus*. F (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat : Entomologie. Tizi Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 154p.

Kheladi M. (2009). L'industrie Agroalimentaire : Réalité, Enjeux Et Problèmes. 3 (2), 32-67p.

Kostyukovsky M., Chen B., Atsmi S., et al. (2000). Biological activity of two juvenoids and two ecdysteroids against three stored product insects. Israel : Elsevier Science Ltd, 30 (8 9), 891-897p.

Kouassi M. (2001). La lutte biologique : une alternative viable à l'utilisation des pesticides? », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 2 Numéro 2. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/4101> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.4101>

L

Lepesme P. (1944). Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. 1^{ère} édition. Paris : Lechevalier, 335p.

Lepiger A. (1966). La Desinsécaton des syocks de céréales. 1^{ère} édition. Paris : Offinter prof des céréales, 406p.

Lepigre A. (1951). Insecte de logis et du magasin. Algérie : Insectarium Publication, 341p.

Longstaff B., Evans D. (2009). The demography of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera : Curculionidae), submodels of age-specific survivorship and fecundity. Royaume-Uni : Cambridge University, 73 (2), 333-334p.

Lorini E., Herzig A. (2008). A logic of intention and attempt. Synthèse. 163 (1), 45-77p.

Loschiavo S. (1976). Effects of the synthetic insect growth regulators methoprene and hydroxyurea on survival, development or reproduction of six species of stored-products insects. America : Journal of Economic Entomology, 69 (3), 395-399p.

M

Molkhou P. (2007). Intolérance et allergie au blé, Journal de pédiatrie et de puériculture. 20, 228-232p.

Mourier H. (1979). 250 Animaux et Insectes, Hôtescachés denos maisons. 1^{ère} édition. France : Delachaux et Niestlé, 222p.

P

Padin, S.B., Dal Bello, G.M. & Vasicek, A.L. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* for adults of *Tribolium castaneum* (Col.: Tenebrionidae) in stored grains. Entomophaga 42, 569–574 (1997). <https://doi.org/10.1007/BF02769816>

Planetoscope. (2016). Production de céréales dans le monde. Disponible sur : <https://www.planetoscope.com/cereales/190-production-mondiale-de-cereales.html>.

Potter C. (1935). The biology and distribution of *Rhyzopertha dominica*. London : The Royal Entomological Society, 64 (4), 449-482p.

R

Reed C. (1986). Characteristic and limitation of methods to estimate losses in stored grain, Kansas State University : Food and Feed Grain Institute, 23 p.

Regnault-Roger C. (2008). Recherche de nouveaux biopesticides d'origine végétale à caractère insecticide : démarche méthodologique et application aux plantes aromatiques méditerranéennes. 2^{ème} édition. Paris : Lavoisier, 26-49p.

Relinger L., Zettler J., Davis R., et al. (1988). Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. *Econ Ent*, 81, 21-718p.

Rilett R. (1949). The Biology of *Laemophloeus ferrugineus* (Steph.), 27 (3), 112-148p.

Ripusudan L. (2002). Le Maïs en zones tropicales : amélioration et production. 1^{ère} édition. Rome : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 382p.

S

Sanon A., Garba M., Auger J., et al. (2003). Analyse de l'activité insecticide du methylisothiocyanate sur *Callosobruchus maculatus* (F.) (coleoptera : bruchidae) et son parasitoïde *Dinarmus basalis* (rondani) (hymenoptera : pteromalidae). Bénin : Bibliothèque Nationale du Bénin, 5 (2), 129-138p.

Scheepens P. (2011). Storage of agricultural products. Wageningen : CTA, 85 p.

Sheppard E. (1936). Notes on *Cryptolestes ferrugineus* Steph., a cucujid occurring in the *Trichogramma minutum* parasite laboratory of Colorado State College, 20p.

Steffan J. (1978). Les insectes et les acariens des céréales stockées. 1^{ère} édition. Paris : ITCF-Afnor, 237p.

Syed Shayfur R., Md. Mizanur R., Mohammad Mizanur R., et al. (2007). Ethanolic extract of melgota (*Macaranga postulata*) for repellency, insecticidal activity against rice weevil (*Sitophilus oryzae*). *African Journal of Biotechnology*, 6 (4), 379-383p.

T

Tapondjou L., Adler C., Bouda H., et al. (2002). Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*. 395-402p.

Taruvinga C., Mejia D., Sanz Alvarez J. (2014). Systèmes appropriés de stockage des semences et des grains pour les agriculteurs à petite échelle. F.A.O. E-ISBN 978-92-5-208335-1 : 1-47.

Thomson V. (1966). The biology of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica*. Bulletin of Grain Technology, 163-168p.

U

Upadhyay R., Ahmad S. (2011). Management Strategies for Control of Stored Grain Insect Pests in Farmer Stores and Public Ware Houses. India : World Journal of Agricultural Sciences, 7 (5), 527-549p.

W

Waongo A., Marcellin Y., Clementine D., et al. (2013). Conservation post-récolte des céréales en zone sud-soudanienne du Burkina Faso : Perception paysanne et évaluation des stocks. Burkina Faso : International Journal of Biological and Chemical Sciences, 7 (3), 1157-1167p.

White N., Jayas D. (1991). Effet of periodically elevated carbon dioxide on stored wheat ecosystems at cool temperatures (Ahasverusadvena, *Tarsonemus granaries*, *parathryphydeus clineanis*, *Lepidoglyphus destructor*, *Aeroglyphusrobustus*). Stored product protect, 9-14 (2), 923-925p.

Wieczorek A. (2003). Use of Biotechnology in Agriculture-Benefits and Risks. Manoa : cooperative extension service, 6p.

Z

Zegga S., Tirchi N. (2001). Activité biologique de quatre plantes sur la bruche du pois – chiche. *Callosobruchus maculatus*, 54p.